

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-193480

(43)Date of publication of application : 17.07.2001

(51)Int.Cl.

F02C 7/057

F02C 9/28

G05B 13/02

(21)Application number : 11-373617

(71)Applicant : KAWASAKI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 28.12.1999

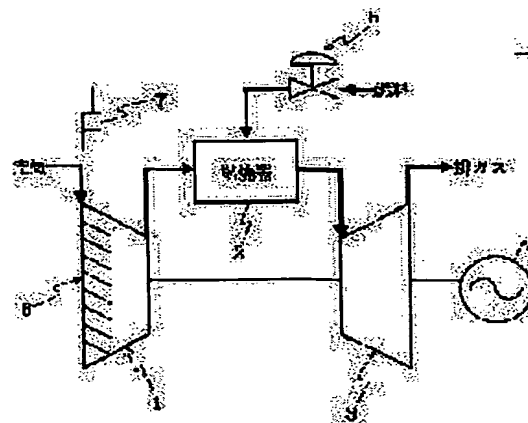
(72)Inventor : ASHIKAGA MITSUGI
TERAMOTO TETSUO
AZUMA NARIAKI
SUGIMOTO TAKAO
NAGAI KATSUSHI
KAJITA SHINICHI
KIMURA TAKEKIYO

(54) METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING GAS TURBINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and a device for controlling a gas turbine, which are capable of restraining a discharge amount of NO_x with the gas turbine operated in the most appropriate condition, even if the temperature and humidity of air change.

SOLUTION: In the method for controlling a gas turbine having a variable inlet blade 6, a variable inlet blade angle making a fuel-air ratio of a combustor 2 the most appropriate is derived from optimization control processing, in order to constantly optimize the operating condition of the gas turbine with the generation of NO_x restrained. The variable inlet blade 6 is for adjusting the derived blade angle.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

28.12.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3479672

[Date of registration]

10.10.2003

NOTICES *

an Patent Office is not responsible for any
ages caused by the use of this translation.

his document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
*** shows the word which can not be translated.
the drawings, any words are not translated.

AIMS

aim(s)]

aim 1] The control approach of the gas turbine characterized by being the control approach of a gas turbine of having adjustable inlet-port aerofoil, computing whenever [adjustable inlet-port blade angle / which makes the fuel-air ratio a combustor the optimal so that the operational status of a gas turbine may become always optimal] by optimum-control processing, controlling generating of NOx, and adjusting said adjustable inlet-port aerofoil to whenever [said adjustable inlet-port blade angle / which was computed].

aim 2] The control approach of the gas turbine according to claim 1 characterized by adjusting the opening of a fuel control valve by feedback control.

aim 3] The control approach of the gas turbine according to claim 2 characterized by computing a fuel flow to whenever [adjustable inlet-port blade angle] by optimum-control processing, computing the fuel control valve opening responding to the computed fuel flow, and amending whenever [adjustable inlet-port blade angle] based on the difference of said computed fuel control valve opening and the fuel control valve opening by feedback control.

aim 4] The control approach of the gas turbine according to claim 3 which carries out as [interfere / the control to fuel control valve by feedback control and control of the adjustable inlet-port aerofoil by optimum-control processing], and is characterized by controlling said fuel control valve and said adjustable inlet-port aerofoil.

aim 5] The control approach of the gas turbine according to claim 4 characterized by making gain about amendment all.

aim 6] The control approach of the gas turbine according to claim 4 characterized by making the response about amendment late.

aim 7] Are the control unit of the gas turbine which has an adjustable inlet-port aerofoil, and said control unit is equipped with the PI control section and an optimization control section. The fuel control valve opening command value which cancels the difference based on the difference of a demand output and a generation-of-electrical-energy output by said PI control section is generated. By said optimization control section At least, using a demand output, air temperature, and air humidity, so that the operational status of a gas turbine may become always the optimal, controlling generating of NOx The control unit of the gas turbine characterized by computing whenever [adjustable inlet-port blade angle / which makes the fuel-air ratio of a combustor the optimal], and adjusting said adjustable inlet-port aerofoil at include angle.

aim 8] Are the control unit of the gas turbine which has an adjustable inlet-port aerofoil, and said control unit is equipped with the PI control section, an optimization control section, and a fuel-air-ratio amendment control section. The fuel control valve opening command value which cancels the difference based on the difference of a demand output and a generation-of-electrical-energy output by said PI control section is generated. By said optimization control section so that the operational status of a gas turbine may become always the optimal, controlling generating of NOx using a demand output, air temperature, and air humidity at least The control unit of the gas turbine which computes whenever [adjustable inlet-port blade angle / which makes the fuel-air ratio of a combustor the optimal], and is characterized by amending whenever [adjustable inlet-port blade angle] based on a difference with a fuel control valve opening by said computed fuel control valve opening and feedback control by said fuel-air-ratio amendment control section.

aim 9] The control unit of the gas turbine according to claim 8 characterized by said fuel-air-ratio amendment control section coming to have a first-order-lag means.

aim 10] The gas turbine facility characterized by coming to have the control device of claim 7 thru/or a gas turbine according to claim 9.

[translation done.]

http://www4.ipdl.jpo.go.jp/cgi-bin/tran_web CGI_ejje?u=http%3A%2F%2Fwww4.ipdl.jpo.go.jp%2FTokuj... 3/22/2004

OTICES *

an Patent Office is not responsible for any
 ages caused by the use of this translation.

his document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

*** shows the word which can not be translated.

1 the drawings, any words are not translated.

 TAILED DESCRIPTION

tailed Description of the Invention]

01]

eld of the Invention] This invention relates to the control approach of a gas turbine, and a control unit. It is related
 h the control approach of a gas turbine and control unit which can do operational status of a gas turbine as it is
 ays the optimal in more detail, controlling a NOx yield with a dry method.

02]

escription of the Prior Art] The effluent control of various harmful matter has been tightened up by the rise of an
 ional problem in recent years. It is under this situation and regulation of a NOx discharge has been tightened
 also in a gas turbine. By the gas turbine, much steam jet and many so-called wet methods which carry out water
 action, reduce combustion temperature by that cause, and reduce the yield of NOx are adopted to the combustion
 umber that this toughening of regulations should be coped with.

03] However, in a wet method, since a steam and water must be supplied to a gas turbine, steamy supply equipment
 l a water supply system are needed, and there is a problem of inviting buildup of facility cost and buildup of a
 nning cost. Moreover, since such facility power will be provided with the output of the power generating plant
 iced, it also has the problem that the effectiveness of a generation-of-electrical-energy entire plant falls by this.

04] Then, the research of the so-called dry method which reduces the yield of NOx, without performing steam jet
 l water injection, and examination of utilization are made.

05] For example, the include angle of the adjustable stator blade of a compressor is changed, and the environmental
 e mold gas turbine which reduces the discharge of harmful matter at the time of a partial load is proposed by JP,61-
 223,A so that an air-fuel ratio may serve as fixed range.

06] When the set-up target rotational frequency is below constant value, in JP,5-106469,A, the include angle of the
 justable guide vane of a compressor is controlled, and the control unit of the gas turbine which makes low NOx
 mbustion possible is proposed by holding the inlet temperature of a combustor to predetermined temperature.

07] The gas turbine control unit for combined cycles which attains low NOx-ization and raises the effectiveness of a
 mbined cycle is proposed by JP,5-187267,A by carrying out interlocking actuation with the bleeding valve in which
 e compressor inlet-port upstream was made to carry out circulation bleeding of a part of air breathed out from a
 mpressor, and the include angle of the adjustable guide vane of a compressor was prepared on said bleeding line.

08] However, the thing concerning the proposal of JP,61-43223,A and JP,5-106469,A also has the problem that
 ange of the temperature of air or humidity is not taken into consideration while it is missing at the view of aiming at
 rovement in the overall effectiveness of a gas turbine for the purpose of low [at the time of the partial load of a gas
 'bine / NOx].

09] Moreover, the thing concerning the proposal of JP,5-187267,A has the problem that change of the temperature of
 or humidity is not taken into consideration like the above, although consideration is made by the point of aiming at
 rovement in the overall effectiveness of a combined cycle.

010]

roblem(s) to be Solved by the Invention] This invention is made in view of the technical problem of this conventional
 hnique, and it aims at offering the control approach of a gas turbine and control unit which can control a NOx
 scharge, working a gas turbine in the optimal condition, even if the temperature and humidity of air change.

011]

Means for Solving the Problem] The control approach of the gas turbine of this invention is the control approach of a
 s turbine of having an adjustable inlet-port aerofoil, always making operational status of a gas turbine the optimal
 ntrolling generating of NOx, computes whenever [adjustable inlet-port blade angle / which makes the fuel-air ratio of

combustor the optimal] by optimum-control processing, and is characterized by adjusting said adjustable inlet-port aerofoil to whenever [said adjustable inlet-port blade angle / which was computed].

12] In the control approach of the gas turbine of this invention, the opening of a fuel control valve is adjusted by feedback control, for example.

13] Moreover, a fuel flow to whenever [adjustable inlet-port blade angle] is computed by optimum-control processing, the fuel control valve opening corresponding to the computed fuel flow is computed, and you may make it end whenever [adjustable inlet-port blade angle] in the control approach of the gas turbine of this invention based on the difference of said computed fuel control valve opening and the fuel control valve opening by feedback control.

14] In that case, it is desirable to carry out as [interfere / the control to the fuel control valve by feedback control and control of the adjustable inlet-port aerofoil by optimum-control processing], to make gain about amendment small, or to make the response about amendment late, and to control said fuel control valve and said adjustable inlet-port aerofoil.

15] On the other hand, the 1st gestalt of the control unit of the gas turbine of this invention Are the control unit of the gas turbine which has an adjustable inlet-port aerofoil, and said control unit is equipped with the PI control section and optimization control section. The fuel control valve opening command value which cancels the difference based on difference of a demand output and a generation-of-electrical-energy output by said PI control section is generated. said optimization control section Controlling generating of NOx using a demand output, air temperature, and air humidity at least, it is characterized by computing whenever [adjustable inlet-port blade angle / which makes the fuel-air ratio of a combustor the optimal], and adjusting said adjustable inlet-port aerofoil at the include angle so that the operational status of a gas turbine may become the optimal.

16] Moreover, the 2nd gestalt of the control unit of the gas turbine of this invention Are the control unit of the gas turbine which has an adjustable inlet-port aerofoil, and said control unit is equipped with the PI control section, an optimization control section, and a fuel-air-ratio amendment control section. The fuel control valve opening command value which cancels the difference based on the difference of a demand output and a generation-of-electrical-energy output by said PI control section is generated. By said optimization control section Controlling generating of NOx using demand output, air temperature, and air humidity at least, so that operational status of a gas turbine may always be the optimal Whenever [adjustable inlet-port blade angle / which makes the fuel-air ratio of a combustor the optimal] is computed, and it is characterized by amending whenever [adjustable inlet-port blade angle] based on a difference with a fuel control valve opening by said computed fuel control valve opening and feedback control by said fuel-air-ratio amendment control section.

17] In the 2nd gestalt of the control unit of the gas turbine of this invention, it is desirable that said fuel-air-ratio amendment control section comes to have a first-order-lag means.

18] A deer is carried out and the control device of said gas turbine is carried in a gas turbine facility.

19] function] Since this invention is constituted like the above, a gas turbine can be worked by the always optimal operational status to external condition change of air temperature, humidity, etc., controlling generating of NOx.

20] embodiment of the Invention] Although this invention is hereafter explained based on an operation gestalt, referring to accompanying drawing, this invention is not limited only to this operation gestalt.

21] A block diagram shows the gas-turbine-power-generation facility with which the control approach of the gas turbine concerning 1 operation gestalt of this invention is applied to drawing 1 . in addition, drawing 1 -- setting -- 1 -- a compressor and 2 -- a combustor and 3 -- in a fuel control valve and 6, an adjustable inlet-port aerofoil and 7 show an adjustable inlet-port aerofoil actuator, and, as for a power turbine and 4, H shows [a generator and 5] a gas-turbine-power-generation facility, respectively.

22] It is known that the basic type of the air flow rate G_c in a compressor 1 and the compressor power W_c is expressed as follows.

23]
$$c = K_{cmp1} \text{ and } f_{cmpMB} (p_{ic}, A_v, T_2) \quad (1)$$

$$c = K_{cmp2} \text{ and } f_{cmpEB} (p_{ic}, A_v, T_2) \quad (2)$$

24] Moreover, it is known that the basic type of the combustion gas flow rate G_t in a power turbine 3 and the power turbine power W_t is expressed as follows.

25]
$$t = K_{tbn1} \text{ and } f_{tbnMB} (p_{it}, T_{four}) \quad (3)$$

$$t = K_{tbn2} \text{ and } f_{tbnEB} (p_{it}, T_{four}) \quad (4)$$

26] In addition, if the pressure loss of a compressor inlet port, the pressure loss in a combustor, and the pressure loss

turbine outlet are minute, it is a compressor inlet pressure :P 2= turbine outlet pressure :P 5= standard-atmosphere (fixed) and compressor outlet pressure :P 3= turbine inlet pressure :P It is set to 4 and all of pic in a formula (1) - a nula (4) and pit can be transposed to a compression ratio pi. Hereafter, it explains as $p_i c = p_i t = p_i$.

27] Moreover, in a gas turbine, the following mass balances and energy balance are realized.

28]

$$W_f = G_t \quad (5)$$

$$W_t = W_c \quad (6)$$

29] The following type (7) and (8) are obtained from the above relation.

30]

$$K_{tbn1}, f_{tbnMB}(p_i, T_{four}) - K_{cmp1}, \text{ and } f_{cmpMB}(p_i, A_v, T_2) \quad (7)$$

$$K_{tbn2}, f_{tbnEB}(p_i, T_{four}) - K_{cmp2}, \text{ and } f_{cmpEB}(p_i, A_v, T_2) \quad (8)$$

thermore, it is known that outlet temperature T four of a combustor 2 is expressed with the following type (9).

31]

$$T_{four} = f_{T4}(p_i, A_v, T_2, W_f) \quad (9)$$

3 [0032] here.

Equation 1]

圧縮機空気流量、 P_1 : 圧縮機入口圧力、 P_2 : 圧縮機出口圧力

圧縮機入口温度、 T_2 : 圧縮機出口温度、 T_4 : タービン入口温度

圧縮機圧縮比、 π_c : タービン膨張比、 π : 圧縮比

タービン燃焼ガス量、 W_t : 燃料流量、 W_L : 負荷出力

タービン動力、 W_c : 圧縮機動力

K_{cmp1} : 係数、 K_{cmp2} : 係数、 K_{tbn1} : 係数、 K_{tbn2} : 係数

空気の湿度、 A_v : 圧縮機可変入口翼角度

f_{T4} : タービンの空気流量を表す関数

f_{T4} : 圧縮機の空気流量を表す関数

f_{T4} : タービンの動力を表す関数

f_{T4} : 圧縮機の動力を表す関数

f_{T4} : タービン入口温度の特性を表す関数

33] Generally the following type (10) is known as a property type showing a NOx yield further again.

34]

Equation 2]

$$K_{NOx} \cdot P_2^{0.5} \cdot \exp(T_2/250) \cdot \exp(-18.8/x) \cdot f_{WL}(W_L/G_c)$$

$$= K'_{NOx} \cdot \pi^{0.5} \cdot \exp(T_2/250) \cdot \exp(-18.8/x) \cdot f_{WL}(W_L/G_c)$$

(ただし、 K_{NOx} : 係数、 $K'_{NOx} = K_{NOx} \cdot P_2$ 、 $P_2 = P_1 \cdot \pi$)

035] Said formula (10) can deform like the following formula (11) among said formula (10) from the place where it is known that T3 and Gc are expressed with the function of p_i , A_v , and T2.

$$C_x = K'_{NOx} \cdot f_{NOx}(p_i, A_v, T_2, W_f) \quad (11)$$

036] From these things, it is understood that the operating characteristic and NOx yield of a gas turbine are expressed with a formula (7), (8), (9), and (11).

037] The technical problem that the yield of NOx will be reduced while working a gas turbine at the optimal effectiveness if T2 and x are measured, presumption is now made possible and WL is given as conditions can result in the problem which asks for the solution set of the simultaneous equations which make W_f , A_v , p_i , and T four a strange variable.

038] Therefore, in order to stop a NOx yield within default value, and to make a gas turbine into the optimal operational status and to make effectiveness into the maximum, a thing like the following formula (12) is selected as a performance index C which makes a fuel flow W_f min. $C = W_f/W_L$ (12)

What is necessary is just to calculate serially a solution of W_f and A_v with which a formula (7), (8), (9), and (11) are made into an equality constraint, and it is satisfied of the inequality constraint of the following type (13) with nonlinear programming, such as quadratic programming (SQP).

039]

http://www4.ipdl.jpo.go.jp/cgi-bin/tran_web_cgi_ejje

3/22/2004

$x \leq f_{NOx_{max}}$ (13)

40] In addition, in a actual gas turbine, although the limit to each control input and quantity of state, for example, the it to a fuel flow W_f , a limit of as opposed to [whenever / adjustable inlet-port blade angle] A_v , and the limit to ver-turbine-inlet-temperature T_{four} exist, about these, it can be coped with by adding the following inequality straints.

41]

fuel-flow W_f : $f_{W_{fmin}} \leq W_f \leq f_{W_{fmax}}$ (14)

adjustable inlet-port blade angle A_v : $f_{A_{vmin}} \leq A_v \leq f_{A_{vmax}}$ whenever [adjustable inlet-port blade angle]. (15)

ver-turbine-inlet-temperature T_{four} : $T_{four} \leq f_{T4_{max}}$ (16)

42] Thus, according to this operation gestalt, a gas turbine can be worked with the optimal operational status and the de optimal fuel-air ratio, controlling generating of NO_x .

43]

example] Hereafter, a more concrete example explains this invention to a detail.

44] A block diagram shows the gas turbine to which the control approach of the gas turbine concerning the example f example 1 this invention is applied to drawing 2. In drawing 2, a sign 10 shows a control unit. In addition, in wing 2, what attached the same sign as drawing 1 shows the component of the same or resemblance.

45] A control unit 10 shall be equipped with the PI control section 20 and the optimization control section 30, and ll become.

46] The PI control section 20 has the opening of a fuel control valve controlled by feedback control like the PI ntrol section in the control device of the conventional gas turbine. That is, it is constituted so that the opening nmand value of the fuel control valve which supplies the fuel flow W_f which cancels the difference of the demand put WLD and the generation-of-electrical-energy output WLG may be outputted.

47] Constituting in this way depends the PI control section 20 on the following reasons.

48] Although the fundamental object in gas turbine control is to control a load output or a rotational frequency hout deflection to the set point, when a gas turbine is controlled only by the optimization control section 30, with a l flow by the fuel control valve opening command value computed by the modeling error of the gas turbine model d for the optimum control by the optimization control section 30, a possibility that some deflection may arise is in a d output or a rotational frequency. Moreover, since optimization count is count repeatedly and count generally takes ie amount, it has the property that the response of control becomes slow. On the other hand, since control of a fuel w must also follow sudden change of a load effect, rapid-response nature is required. Then, in order to satisfy the idamental object in gas turbine control and to also secure rapid-response nature, the PI control section 20 is formed as ial.

49] The optimization control section 30 is carried out based on the demand output WLD, air temperature T_2 , and the humidity x as [output / whenever / adjustable inlet-port blade angle / the command value (whenever / adjustable et-port blade angle / command value) of A_v].

50] Next, the optimization processing in the optimization control section 30 is explained, referring to drawing 4.

51] An equality constraint is set up by the gas turbine model property type. Specifically, an equality constraint is set by the mass-balance type of said formula (7), the energy balance type of said formula (8), the combustor property e of said formula (9), and the NO_x generating property type of said formula (11). Moreover, an inequality constraint set up by the gas turbine employment condition constraint equation. Specifically, an inequality constraint is set up by e NO_x yield constraint equation of said formula (13), the fuel control valve operating-range constraint equation of said formula (14), the adjustable inlet-port aerofoil operating-range constraint equation of said formula (15), the gas turbine let temperature constraint equation of said formula (16), etc. And the optimization problem (nonlinear form timization problem) which can control generating of NO_x according to said equality constraint and an inequality nstraint while controlling the operational status of a gas turbine the optimal is set up.

52] Whenever [adjustable inlet-port blade angle / which optimizes the service condition of a gas turbine], and, a el flow are computed by giving the physical quantity in which measurement or presumption is possible as amounts of ocesses, such as air temperature T_2 and the air humidity x , as numeric data, and giving various constants, such as a rvice condition of a load etc., a working fluid physical-properties value, and a gas turbine property parameter, and a rameter as numeric data to this optimization problem, and subsequently applying non-linear optimization ogrammings, such as quadratic programming, serially.

53] However, in this example 1, since a fuel flow is controlled by PI control like the conventional control, from the timization control section 30, only a command value is outputted whenever [based on whenever / adjustable inlet-rt blade angle / which was computed / adjustable inlet-port blade angle].

54] A deer is carried out, whenever [adjustable inlet-port blade angle / which was outputted from this optimization control section 30], the adjustable inlet-port aerofoil actuator 7 drives, and the adjustable inlet-port aerofoil 6 is controlled by the command value by the optimal include angle.

55] Thus, in this example 1, since a fuel flow is controlled by the PI control section 20 and the adjustable inlet-port aerofoil is controlled by the optimization control section 30, the yield of NOx can be controlled irrespective of change external conditions, such as air temperature and humidity, working a gas turbine by the optimal operational status.

56] A block diagram shows the gas turbine to which the control approach of the gas turbine concerning the example of example 2 this invention is applied to drawing 3. This example 2 comes to change an example 1. In drawing 3, a drawing 40 shows a fuel-air-ratio amendment control section. In addition, in drawing 3, what attached the same sign as drawing 2 shows the component of the same or resemblance.

57] A control unit 10 shall be equipped with the PI control section 20, the optimization control section 30, and the fuel-air-ratio amendment control section 40, and shall become.

58] Forming this fuel-air-ratio amendment control section 40 is based on the following reasons.

59] In an example 1, since the fuel control valve is controlled by the fuel control valve opening command value from the PI control section 20, when a modeling error is in the gas turbine model used in the optimization control section 30, error will arise between the fuel flow W_{fpt} computed by the optimization control section 30 and a fuel flow W_f responding to the fuel control valve opening command value from the PI control section 20. Therefore, when a gas turbine is controlled using a command value and a fuel control valve opening command value whenever [from the optimization control section 30 / adjustable inlet-port blade angle], it will shift from the fuel-air ratio (the ratio of a fuel and air: fuel/air) which it was originally going to control in the optimization control section 30. In order to cancel this shift, he is trying for the difference of the fuel control valve opening command value from the PI control section 20 and the fuel control valve opening command value corresponding to the fuel flow W_{fpt} computed by the optimization control section 30 to amend a command value in this example 2 whenever [from the optimization control section 30 / adjustable inlet-port blade angle].

60] The fuel-air-ratio amendment control section 40 Therefore, the fuel control valve opening command value from the PI control section 20 (henceforth the 1st opening command value), The fuel control valve opening command value responding to a fuel flow from the optimization control section 30 Whenever [adjustable inlet-port blade angle / which cancels the difference (it is hereafter called the 2nd opening command value)] A command value It generates (it is hereafter called the 2nd include-angle command value). The 2nd include-angle command value whenever [from the optimization control section 30 / adjustable inlet-port blade angle] A command value It adds for (calling it hereafter the 1st include-angle command value), and he amends, and is trying to output the value after the amendment after an appropriate time as an adjustable inlet-port aerofoil opening command value (henceforth an amendment backward include-angle command value). For example, when plus, i.e., a fuel flow, has many differences of the 1st opening command value and the 2nd opening command value, make a command value larger than the 1st include-angle command value whenever [adjustable blade angle / which is supplied to an adjustable inlet-port aerofoil actuator], and made to let a fuel-air ratio be a proper thing.

61] The fuel-air-ratio amendment control section 40 shall be equipped with the conversion means 41, the PI control machine 42, and the first-order-lag means 43 a fuel flow / whenever [valve-opening / which changes a fuel flow W_{fpt} from the optimization control section 30 into a fuel control valve opening], and, specifically, shall become. It is prepared in order to prevent that control of the fuel control valve 5 by the PI control section 20 and control of the adjustable inlet-port aerofoil 6 by the fuel-air-ratio amendment control section 40 interfere in this first-order-lag means 43, and thereby, control of the adjustable inlet-port aerofoil by the fuel-air-ratio amendment control section 40 will become loose. Moreover, the gain of the PI control machine 42 is also set up more smallish for the same reason. For example, to the gain of the PI control section 20 in which the gain of the PI control machine 42 of the fuel-air-ratio amendment control section 40 performs fuel control, proportional gain is made about into several [1/] to 1/about ten, and the reset time is made into about ten times from several times.

62] In addition, both setting up the gain of the PI controller 42 of the fuel-air-ratio amendment control section 40 more smallish and the thing for which the first-order-lag means 43 is established are for making control loose, they may be the means of these both sides together, and only the means which is one of the two either may be used for them.

63] Thus, according to this example 2, even if a modeling error is in the optimization control section 30, the effectiveness which is not acquired is also acquired in the example 1 that this error is absorbed and a gas turbine can be controlled.

64] As mentioned above, although this invention has been explained based on an operation gestalt and an example, this invention is not limited only to this operation gestalt and example, and can be changed variously. For example, in an

ration gestalt and the example, although the gas turbine is used for the generation of electrical energy, it may be le into the thing for propulsion. However, it replaces with a demand output and a generation-of-electrical-energy put in that case, and a demand rotational frequency and a actual rotational frequency are used.

65]

fect of the Invention] As explained in full detail above, according to the control approach of the gas turbine of this ention, and the control unit, the outstanding effectiveness that a gas turbine can be worked by the always optimal rational status is acquired, controlling generating of NOx irrespective of change of external conditions, such as air perature and humidity.

anslation done.]

NOTICES *

an Patent Office is not responsible for any
 ages caused by the use of this translation.

his document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

*** shows the word which can not be translated.

the drawings, any words are not translated.

 DRAWINGS

Figure 1]

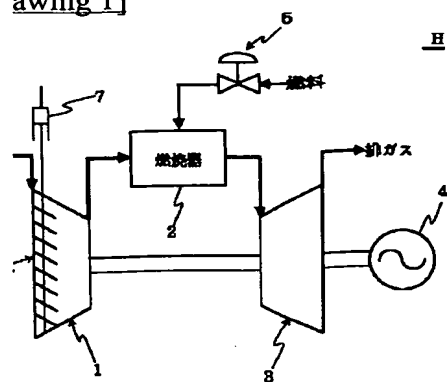


Figure 2]

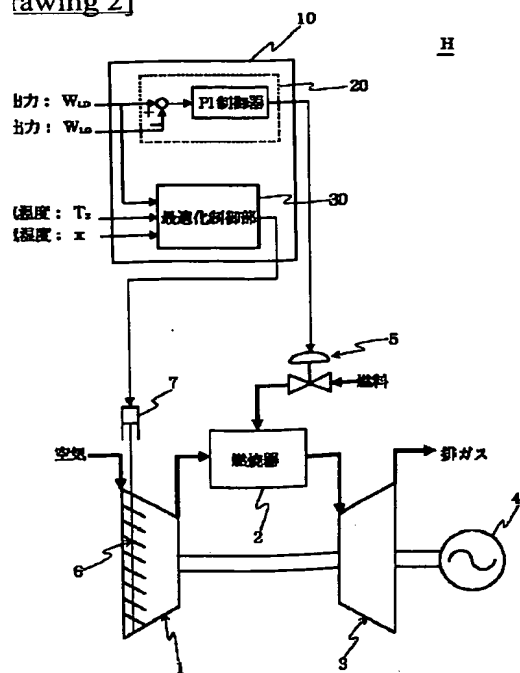
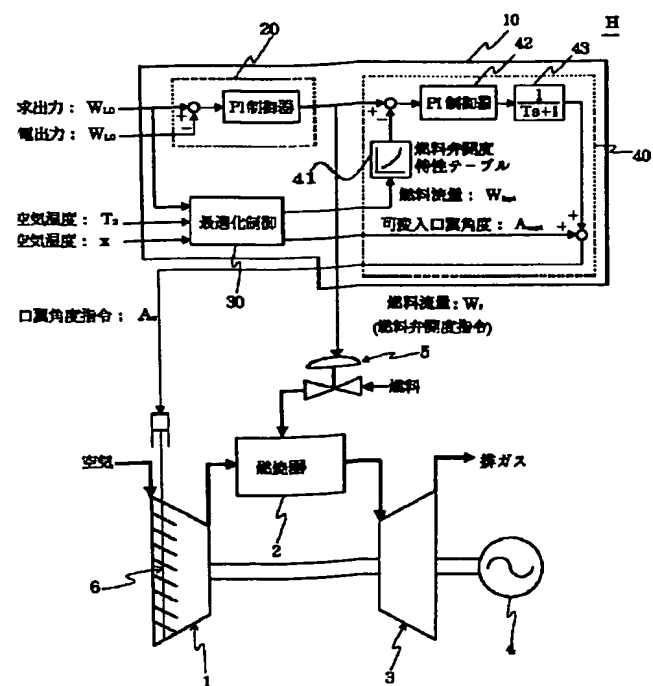
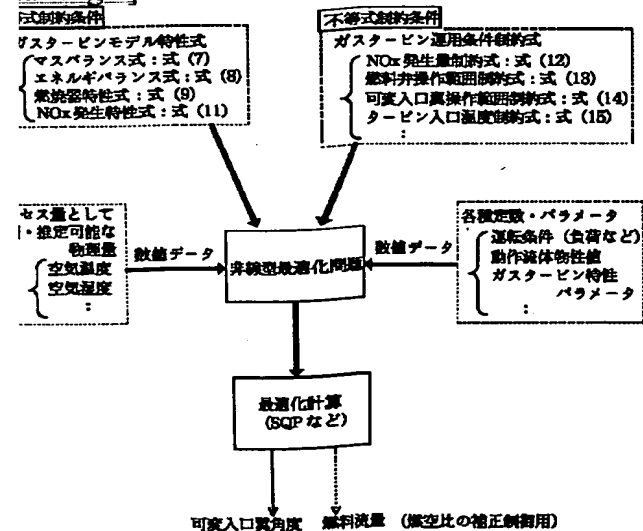


Figure 3]



awing 4]

式制約条件



'ranslation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-193480

(P2001-193480A)

(43) 公開日 平成13年7月17日 (2001.7.17)

(51) Int.Cl.

識別記号

F I

テーマコード(参考)

F 0 2 C 7/057

F 0 2 C 7/057

5 H 0 0 4

9/28

9/28

C

G 0 5 B 13/02

G 0 5 B 13/02

K

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平11-373617

(22) 出願日

平成11年12月28日 (1999. 12. 28)

(71) 出願人 000000974

川崎重工業株式会社

兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号

(72) 発明者 足利 貢

明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社明石工場内

(72) 発明者 寺本 徹夫

明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社明石工場内

(74) 代理人 100096839

弁理士 曾々木 太郎

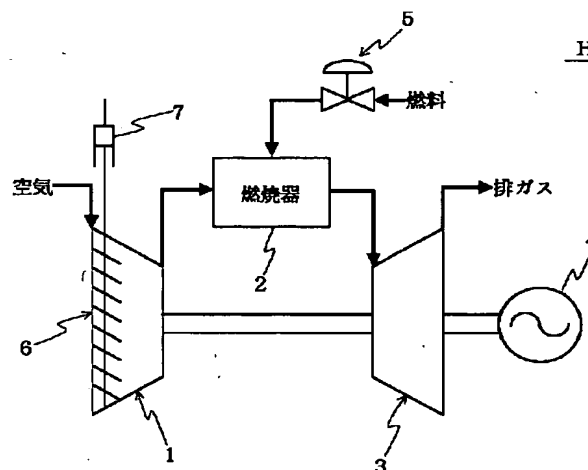
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービンの制御方法および制御装置

(57) 【要約】

【課題】 空気の温度や湿度が変化してもガスタービンを最適な状態で稼働させながら、NO_x排出量を抑制できるガスタービンの制御方法および制御装置を提供する。

【解決手段】 可変入口翼6を有するガスタービンの制御方法であって、NO_xの発生を抑制しながら、ガスタービンの運転状態が常に最適となるように、燃焼器2の燃空比を最適とする可変入口翼角度を最適化制御処理により算出し、前記算出された可変入口翼角度に前記可変入口翼6を調節するものである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 可変入口翼を有するガスタービンの制御方法であって、

NO_xの発生を抑制しながらガスタービンの運転状態が常に最適となるように、燃焼器の燃空比を最適とする可変入口翼角度を最適化制御処理により算出し、前記算出された可変入口翼角度に前記可変入口翼を調節することを特徴とするガスタービンの制御方法。

【請求項2】 燃料制御弁の開度をフィードバック制御により調節することを特徴とする請求項1記載のガスタービンの制御方法。

【請求項3】 最適化制御処理により可変入口翼角度に対する燃料流量を算出し、その算出された燃料流量に対応する燃料制御弁開度を算出し、前記算出された燃料制御弁開度と、フィードバック制御による燃料制御弁開度との差に基づいて可変入口翼角度を補正することを特徴とする請求項2記載のガスタービンの制御方法。

【請求項4】 フィードバック制御による燃料制御弁に対する制御と、最適化制御処理による可変入口翼の制御とが干渉しないようにして、前記燃料制御弁と前記可変入口翼とを制御することを特徴とする請求項3記載のガスタービンの制御方法。

【請求項5】 補正に関するゲインが小さくされていることを特徴とする請求項4記載のガスタービンの制御方法。

【請求項6】 補正に関する応答が遅くされていることを特徴とする請求項4記載のガスタービンの制御方法。

【請求項7】 可変入口翼を有するガスタービンの制御装置であって、前記制御装置がPI制御部と最適化制御部とを備え、

前記PI制御部により要求出力と発電出力との差に基づいて、その差を解消する燃料制御弁開度指令値が生成され、

前記最適化制御部により、少なくとも要求出力と空気温度と空気湿度とを用いて、NO_xの発生を抑制しながらガスタービンの運転状態が常に最適となるように、燃焼器の燃空比を最適とする可変入口翼角度を算出してその角度に前記可変入口翼を調節することを特徴とするガスタービンの制御装置。

【請求項8】 可変入口翼を有するガスタービンの制御装置であって、前記制御装置がPI制御部と最適化制御部と燃空比補正制御部とを備え、

前記PI制御部により要求出力と発電出力との差に基づいて、その差を解消する燃料制御弁開度指令値が生成され、

前記最適化制御部により、少なくとも要求出力と空気温度と空気湿度とを用いてNO_xの発生を抑制しながらガスタービンの運転状態が常に最適となるように、燃焼器の燃空比を最適とする可変入口翼角度を算出し、

前記燃空比補正制御部により、前記算出された燃料制御

弁開度とフィードバック制御により燃料制御弁開度との差に基づいて可変入口翼角度を補正することを特徴とするガスタービンの制御装置。

【請求項9】 前記燃空比補正制御部が一次遅れ手段を有してなることを特徴とする請求項8記載のガスタービンの制御装置。

【請求項10】 請求項7ないし請求項9に記載のガスタービンの制御装置を備えてなることを特徴とするガスタービン設備。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はガスタービンの制御方法および制御装置に関する。さらに詳しくは、ドライ方式によりNO_x発生量を抑制しながら、ガスタービンの運転状態が常に最適とできるガスタービンの制御方法および制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年の環境問題の高まりにより、各種有害物質の排出規制が強化されてきている。かかる状況下において、ガスタービンにおいてもNO_x排出量の規制が強化されてきている。この規制強化に対処すべく、ガスタービンでは、燃焼室に対して蒸気噴射や水噴射し、それにより燃焼温度を低減してNO_xの発生量を低減する、いわゆるウェット方式が多く採用されている。

【0003】 しかしながら、ウェット方式においては、ガスタービンに蒸気や水を供給しなければならないので、蒸気供給設備や給水設備が必要となり、設備コストの増大およびランニング・コストの増大を招来するという問題がある。また、これらの設備動力は当該発電プラントの出力によって賄われることになるため、これにより発電プラント全体の効率が低下するという問題もある。

【0004】 そこで、蒸気噴射や水噴射を行わずにNO_xの発生量を低減する、いわゆるドライ方式の研究および実用化の検討がなされている。

【0005】 例えば、特開昭61-43223号公報には、空燃比が一定範囲となるように、圧縮機の変静翼の角度を変化させて、部分負荷時においても有害物質の排出量を低減させる環境対策型ガスタービンが提案されている。

【0006】 特開平5-106469号公報には、設定された目標回転数が一定値以下のときに、圧縮機の変案内翼の角度を制御し、燃焼器の入口温度を所定温度に保持することにより低NO_x燃焼を可能とするガスタービンの制御装置が提案されている。

【0007】 特開平5-187267号公報には、圧縮機から吐出される空気の一部を圧縮機入口上流に循環抽気させ、かつ圧縮機の変案内翼の角度を前記抽気ラインに設けられた抽気弁と連動操作することにより、低NO_x化を図り、かつコンバインド・サイクルの効率を向

上させるコンバインド・サイクル用ガスタービン制御装置が提案されている。

【0008】しかしながら、特開昭61-43223号公報および特開平5-106469号公報の提案に係るものは、ガスタービンの部分負荷時における低NO_xを目的としたものであり、ガスタービンの全体的な効率の向上を図るという視点に欠けるとともに、空気温度や湿度の変化が考慮されていないという問題もある。

【0009】また、特開平5-187267号公報の提案に係るものは、コンバインド・サイクルの全体的な効率の向上を図るという点には配慮がなされているが、前記と同様に空気温度や湿度の変化が考慮されていないという問題がある。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明はかかる従来技術の課題に鑑みなされたものであって、空気温度や湿度が変化してもガスタービンを最適な状態で稼働させながら、NO_x排出量を抑制できるガスタービンの制御方法および制御装置を提供することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明のガスタービンの制御方法は、可変入口翼を有するガスタービンの制御方法であって、NO_xの発生を抑制しながらガスタービンの運転状態を常に最適にしながら、燃焼器の燃空比を最適とする可変入口翼角度を最適化制御処理により算出し、前記算出された可変入口翼角度に前記可変入口翼を調節することを特徴とする。

【0012】本発明のガスタービンの制御方法においては、例えば、燃料制御弁の開度はフィードバック制御により調節される。

【0013】また、本発明のガスタービンの制御方法においては、最適化制御処理により可変入口翼角度に対する燃料流量を算出し、その算出された燃料流量に対応する燃料制御弁開度を算出し、前記算出された燃料制御弁開度と、フィードバック制御による燃料制御弁開度との差に基づいて可変入口翼角度を補正するようにしてもよい。

【0014】その場合、フィードバック制御による燃料制御弁に対する制御と、最適化制御処理による可変入口翼の制御とが干渉しないようして、例えば、補正に関するゲインを小さくしたり、あるいは補正に関する応答を遅くしたりして、前記燃料制御弁と前記可変入口翼とを制御するのが好ましい。

【0015】一方、本発明のガスタービンの制御装置の第1形態は、可変入口翼を有するガスタービンの制御装置であって、前記制御装置がPI制御部と最適化制御部

$$G_c = K_{cnp1} \cdot f_{cnpMB}(\pi_c, A_v, T_2) \quad (1)$$

$$W_c = K_{cnp2} \cdot f_{cnpEB}(\pi_c, A_v, T_2) \quad (2)$$

【0024】また、パワータービン3における燃焼ガス流量G_c、パワータービン動力W_cの基礎式は、以下のよ

とを備え、前記PI制御部により要求出力と発電出力との差に基づいて、その差を解消する燃料制御弁開度指令値が生成され、前記最適化制御部により、少なくとも要求出力と空気温度と空気湿度とを用いて、NO_xの発生を抑制しながらガスタービンの運転状態が最適となるように、燃焼器の燃空比を最適とする可変入口翼角度を算出してその角度に前記可変入口翼を調節することを特徴とする。

【0016】また、本発明のガスタービンの制御装置の第2形態は、可変入口翼を有するガスタービンの制御装置であって、前記制御装置がPI制御部と最適化制御部と燃空比補正制御部とを備え、前記PI制御部により要求出力と発電出力との差に基づいて、その差を解消する燃料制御弁開度指令値が生成され、前記最適化制御部により、少なくとも要求出力と空気温度と空気湿度とを用いてNO_xの発生を抑制しながら、ガスタービンの運転状態を常に最適にするように、燃焼器の燃空比を最適とする可変入口翼角度を算出し、前記燃空比補正制御部により、前記算出された燃料制御弁開度とフィードバック制御により燃料制御弁開度との差に基づいて可変入口翼角度を補正することを特徴とする。

【0017】本発明のガスタービンの制御装置の第2形態においては、前記燃空比補正制御部が一次遅れ手段を有してなるのが好ましい。

【0018】しかし、前記ガスタービンの制御装置はガスタービン設備に搭載される。

【0019】

【作用】本発明は前記の如く構成されているので、空気温度や湿度などの外的条件変化に対して、NO_xの発生を抑制しながらガスタービンを常に最適な運転状態で稼働させることができる。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照しながら本発明を実施形態に基づいて説明するが、本発明はかかる実施形態のみに限定されるものではない。

【0021】本発明の一実施形態に係るガスタービンの制御方法が適用されるガスタービン発電設備を図1にブロック図で示す。なお、図1において、1は圧縮機、2は燃焼器、3はパワータービン、4は発電機、5は燃料流量制御弁、6は可変入口翼、7は可変入口翼アクチュエータ、Hはガスタービン発電設備をそれぞれ示す。

【0022】圧縮機1における空気流量G_c、圧縮機動力W_cの基礎式は、以下のように表わされるのが知られている。

【0023】

うに表されるのが知られている。

【0025】

$$G_t = K_{tbn1} \cdot f_{tbnMB}(\pi_t, T_4) \quad (3)$$

$$W_t = K_{tbn2} \cdot f_{tbnEB}(\pi_t, T_4) \quad (4)$$

【0026】なお、圧縮機入口の圧力損失、燃焼器における圧力損失、およびタービン出口の圧力損失が微小であるとすれば、圧縮機入口圧力： P_2 ＝タービン出口圧力： P_5 ＝標準大気圧力（一定）、および圧縮機出口圧力： P_3 ＝タービン入口圧力： P_4 となり、式（1）～式

$$G_c + W_f = G_t \quad (5)$$

$$W_L = W_t - W_c \quad (6)$$

【0029】以上の関係より、下記式（7）、（8）が得られる。

$$W_f = K_{tbn1} \cdot f_{tbnMB}(\pi, T_4) - K_{cmp1} \cdot f_{cmpMB}(\pi, A_v, T_2) \quad (7)$$

$$W_L = K_{tbn2} \cdot f_{tbnEB}(\pi, T_4) - K_{cmp2} \cdot f_{cmpEB}(\pi, A_v, T_2) \quad (8)$$

さらに、燃焼器2の出口温度 T_4 は、下記式（9）で表されるのが知られている。

$$T_4 = f_{T4}(\pi, A_v, T_2, W_f) \quad (9)$$

ここに、

【0032】

【数1】

G_c ：圧縮機空気流量、 P_2 ：圧縮機入口圧力、 P_3 ：圧縮機出口圧力

T_2 ：圧縮機入口温度、 T_3 ：圧縮機出口温度、 T_4 ：タービン入口温度

π_c ：圧縮機圧縮比、 π_t ：タービン膨張比、 π ：圧縮比

G_t ：タービン燃焼ガス量、 W_f ：燃料流量、 W_L ：負荷出力

W_t ：タービン動力、 W_c ：圧縮機動力

K_{tbn1} ：係数、 K_{cmp1} ：係数、 K_{tbn2} ：係数、 K_{cmp2} ：係数

x ：空気の湿度、 A_v ：圧縮機可変入口翼角度

f_{tbnMB} 0：タービンの空気流量を表す関数

f_{cmpMB} 0：圧縮機の空気流量を表す関数

f_{tbnEB} 0：タービンの動力を表す関数

f_{cmpEB} 0：圧縮機の動力を表す関数

f_{T4} 0：タービン入口温度の特性を表す関数

$$NO_x = K_{NOx} \cdot P_2^{0.5} \cdot \exp(T_4/250) \cdot \exp(-18.8/x) \cdot f_{Wf}(W_f/G_c)$$

$$= K'_{NOx} \cdot \pi^{0.5} \cdot \exp(T_3/250) \cdot \exp(-18.8/x) \cdot f_{Wf}(W_f/G_c)$$

(ただし、 K_{NOx} ：係数、 $K'_{NOx} = K_{NOx} \cdot P_2$ 、 $P_3 = P_2 \cdot \pi$)

【0035】前記式（10）中、 T_3 および G_c は π 、 A_v 、 T_2 の関数で表されることが知られているところか

$$NO_x = K'_{NOx} \cdot f_{NOx}(\pi, A_v, T_2, W_f) \quad (11)$$

【0036】これらのことより、ガスタービンの動作特性および NO_x 発生量は式（7）、（8）、（9）および（11）で表されるのが理解される。

【0037】いま、 T_2 、 x が測定されあるいは推定可能とされ、また W_L が条件として与えられれば、ガスタービンを最適な効率で稼働させながら NO_x の発生量を低減するという課題は、 W_f 、 A_v 、 π 、 T_4 を未知変数

$$C = W_f / W_L$$

式（7）、（8）、（9）および（11）を等式制約条件とし、かつ下記式（13）の不等式制約条件を満足するような W_f 、 A_v の解を逐次二次計画法（SQP）など

（4）における π_c 、 π_t はすべて圧縮比 π に置き換えることができる。以下、 $\pi_c = \pi_t = \pi$ として説明する。

【0027】また、ガスタービンにおいては以下のマスバランスおよびエネルギーバランスが成り立つ。

【0028】

$$(5)$$

$$(6)$$

【0030】

【0031】

【0033】さらにまた、 NO_x 発生量を表す特性式として、一般的に下記式（10）が知られている。

【0034】

【数2】

ら、前記式（10）は下記式（11）のように変形できる。

とする連立方程式の解集合を求める問題に帰着される。

【0038】したがって、 NO_x 発生量を規定値以内に抑え、かつガスタービンを最適な運転状態、例えば効率を最大限とするには、燃料流量 W_f を最小とするような評価関数 C として、下記式（12）のようなものを選定し、

$$(12)$$

の非線形計画法により求めればよい。

【0039】

$$\text{NO}_x \leq f_{\text{NO}_x\text{max}}$$

【0040】なお、実際のガスタービンでは、個々の操作量や状態量に対する制限、例えば燃料流量 W_f に対する制限、可変入口翼角度 A_v に対する制限、パワータービン入口温度 T_4 に対する制限が存在するが、これらに

$$\text{燃料流量 } W_f : f_{W_{f\min}} \leq W_f \leq f_{W_{f\max}}$$

$$\text{可変入口翼角度 } A_v : f_{A_{v\min}} \leq A_v \leq f_{A_{v\max}}$$

$$\text{パワータービン入口温度 } T_4 : T_4 \leq f_{T_{4\max}}$$

【0042】このように、この実施形態によれば、 NO_x の発生を抑制しながら、ガスタービンを最適な運転状態とできる最適な燃空比により稼働させることができる。

【0043】

【実施例】以下、より具体的な実施例により本発明を詳細に説明する。

【0044】実施例1

本発明の実施例1に係るガスタービンの制御方法が適用されているガスタービンを図2にブロック図で示す。図2において、符号10は制御装置を示す。なお、図2において、図1と同一の符号を付したものは同一または類似の構成要素を示す。

【0045】制御装置10は、PI制御部20と最適化制御部30とを備えてなるものとされる。

【0046】PI制御部20は、従来のガスタービンの制御装置におけるPI制御部と同様に、フィードバック制御により燃料制御弁の開度を制御するものとされる。すなわち、要求出力 W_{ld} と発電出力 W_{lg} との差を解消する燃料流量 W_f を供給する燃料制御弁の開度指令値を出力するように構成されている。

【0047】PI制御部20をこのように構成するのは、次のような理由による。

【0048】ガスタービン制御における基本的な目的が、負荷出力あるいは回転数を設定値に対して偏差なく制御することにあるが、最適化制御部30のみによりガスタービンの制御を行った場合、その最適化制御に使用されるガスタービンモデルのモデル化誤差により、最適化制御部30で算出される燃料制御弁開度指令値による燃料流量では負荷出力あるいは回転数に若干の偏差が生ずるおそれがある。また、最適化計算は繰り返し計算であるため一般的に計算に時間がかかるので、制御の応答が遅くなるという特性を有している。これに対し、燃料流量の制御は負荷変動の急変にも追従しなければならないため、早い応答性が要求される。そこで、ガスタービン制御における基本的な目的を満足させかつ早い応答性も確保するため、従来と同様にPI制御部20を設けるようにしたものである。

【0049】最適化制御部30は、要求出力 W_{ld} 、空気温度 T_2 、空気湿度 x に基づいて、可変入口翼角度 A_v の指令値(可変入口翼角度指令値)を出力するようされている。

$$(13)$$

については、以下のような不等式制約条件を追加することにより対処できる。

【0041】

$$(14)$$

$$(15)$$

$$(16)$$

【0050】次に、図4を参照しながら、最適化制御部30における最適化処理について説明する。

【0051】ガスタービンモデル特性式により等式制約条件が設定される。具体的には、前記式(7)のマスバランス式、前記式(8)のエネルギバランス式、前記式(9)の燃焼器特性式、前記式(11)の NO_x 発生特性式により、等式制約条件が設定される。また、ガスタービン運用条件制約式により不等式制約条件が設定される。具体的には、前記式(13)の NO_x 発生量制約式、前記式(14)の燃料制御弁操作範囲制約式、前記式(15)の可変入口翼操作範囲制約式、前記式(16)のガスタービン入口温度制約式などにより、不等式制約条件が設定される。そして、前記等式制約条件および不等式制約条件により、ガスタービンの運転状態を最適に制御しながら NO_x の発生を抑制できる最適化問題(非線形最適化問題)が設定される。

【0052】この最適化問題に対して、空気温度 T_2 や空気湿度 x などのプロセス量として計測または推定可能な物理量を数値データとして与え、また負荷などの運転条件、動作流体物性値、ガスタービン特性パラメータなどの各種定数およびパラメータを数値データとして与え、ついで逐次二次計画法などの非線形最適化計画法を適用することにより、ガスタービンの運転条件を最適化する可変入口翼角度および燃料流量が算出される。

【0053】ただし、この実施例1では燃料流量は、従来の制御と同様にPI制御により制御されているので、最適化制御部30からは算出された可変入口翼角度に基づく可変入口翼角度指令値のみが出力される。

【0054】しかし、この最適化制御部30から出力された可変入口翼角度指令値により、可変入口翼アクチュエータ7が駆動されて可変入口翼6が最適な角度に制御される。

【0055】このように、この実施例1においては、燃料流量の制御をPI制御部20により行い、また可変入口翼の制御を最適化制御部30により行っているため、空気温度や湿度などの外的条件の変化にかかわらず、ガスタービンを最適な運転状態で稼働させながら NO_x の発生量を抑制できる。

【0056】実施例2

本発明の実施例2に係るガスタービンの制御方法が適用されているガスタービンを図3にブロック図で示す。この実施例2は実施例1を改変してなるものである。図3

において、符号40は燃空比補正制御部を示す。なお、図3において、図2と同一の符号を付したものは同一または類似の構成要素を示す。

【0057】制御装置10は、PI制御部20と最適化制御部30と燃空比補正制御部40とを備えてなるものとされる。

【0058】この燃空比補正制御部40を設けるのは次のような理由による。

【0059】実施例1においては、PI制御部20からの燃料制御弁開度指令値により燃料制御弁を制御しているため、最適化制御部30において利用されているガスタービンモデルにモデル化誤差があった場合、最適化制御部30により算出された燃料流量 W_{fopt} と、PI制御部20からの燃料制御弁開度指令値に対応した燃料流量 W_f との間に誤差が生ずることとなる。そのため、最適化制御部30からの可変入口翼角度指令値と燃料制御弁開度指令値とを用いてガスタービンを制御した場合、最適化制御部30において本来制御しようとしていた燃空比（燃料と空気との比率：燃料／空気）からずれることになる。このずれを解消するため、この実施例2では、PI制御部20からの燃料制御弁開度指令値と、最適化制御部30により算出された燃料流量 W_{fopt} に対応した燃料制御弁開度指令値との差により最適化制御部30からの可変入口翼角度指令値を補正するようにしている。

【0060】そのため、燃空比補正制御部40は、PI制御部20からの燃料制御弁開度指令値（以下、第1開度指令値という）と、最適化制御部30からの燃料流量に対応した燃料制御弁開度指令値（以下、第2開度指令値という）との差を解消する可変入口翼角度指令値（以下、第2角度指令値という）を生成し、その第2角度指令値を最適化制御部30からの可変入口翼角度指令値（以下、第1角度指令値という）に加算して補正し、しかる後その補正後の値を可変入口翼開度指令値（以下、補正後角度指令値という）として出力するようにされている。例えば、第1開度指令値と第2開度指令値との差がプラス、つまり燃料流量が多い場合には、可変入口翼アクチュエータに供給される可変翼角度指令値を第1角度指令値より大きくして、燃空比を適正なものとするようにされている。

【0061】燃空比補正制御部40は、具体的には、最適化制御部30からの燃料流量 W_{fopt} を燃料制御弁開度に変換する燃料流量／弁開度変換手段41と、PI制御器42と、一次遅れ手段43とを備えてなるものとされる。この一次遅れ手段43は、PI制御部20による燃料制御弁5の制御と、燃空比補正制御部40による可変入口翼6の制御が干渉するのを防止するために設けられているものであって、これにより燃空比補正制御部40による可変入口翼の制御が緩やかなものとなる。また、同様の理由によりPI制御器42のゲインも小さめに設定されている。例えば、燃空比補正制御部40のPI制

御器42のゲインは、燃料制御を行うPI制御部20のゲインに対して、比例ゲインは数分の1から十数分の1程度とされ、積分時間は数倍から十数倍とされている。

【0062】なお、燃空比補正制御部40のPI調節器42のゲインを小さめに設定することと、一次遅れ手段43を設けることは、ともに制御をゆるやかにするためのものであり、これらの双方の手段を併用してもよいし、いずれか片方の手段のみを用いてもよい。

【0063】このように、この実施例2によれば、最適化制御部30にモデル化誤差があってもこの誤差を吸収してガスタービンを制御できるという実施例1では得られない効果も得られる。

【0064】以上、本発明を実施形態および実施例に基づいて説明してきたが、本発明はかかる実施形態および実施例のみに限定されるものではなく、種々改変が可能である。例えば、実施形態および実施例ではガスタービンは発電用に用いられているが、推進用のものとされてもよい。ただし、その場合は要求出力および発電出力に代えて要求回転数および実際回転数が用いられる。

【0065】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明のガスタービンの制御方法および制御装置によれば、空気温度や湿度などの外的条件の変化にかかわらずに、 NO_x の発生を抑制しながら、ガスタービンを常に最適な運転状態で稼働させることができるという優れた効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のガスタービンの制御方法で適用されるガスタービン発電設備のブロック図である。

【図2】本発明の実施例1のガスタービンの制御方法が適用されているガスタービン発電設備のブロック図である。

【図3】本発明の実施例2のガスタービンの制御方法が適用されているガスタービン発電設備のブロック図である。

【図4】本発明の実施例1および実施例2における最適化制御の構成を示すブロック図である。

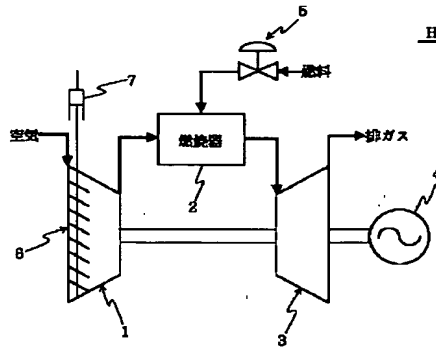
【符号の説明】

1	圧縮機
2	燃焼器
3	パワータービン
4	発電機
5	燃料制御弁
6	可変入口翼
7	可変入口翼アクチュエータ
10	制御装置
20	PI制御部
30	最適化制御部
40	燃空比補正制御部
41	燃料流量／弁開度変換手段
42	PI制御器

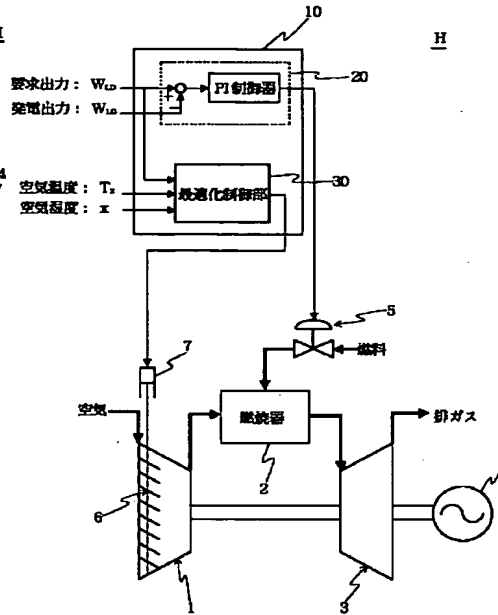
43 一次遅れ手段

H ガスタービン発電設備

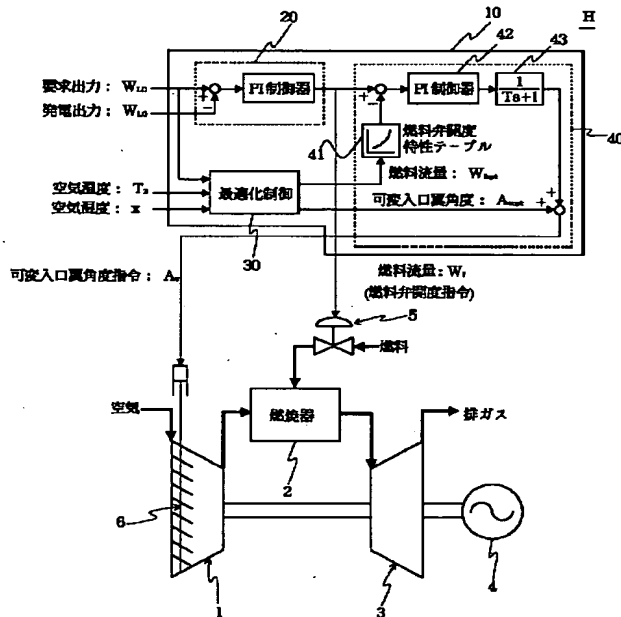
【図1】



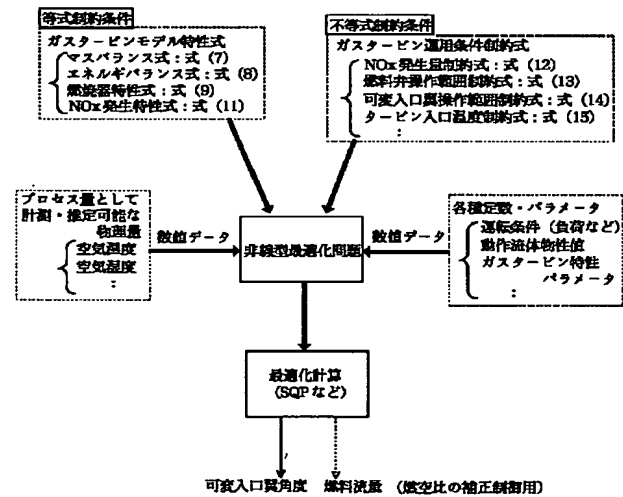
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 東 成昭
明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会
社明石工場内
(72)発明者 杉本 隆雄
明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会
社明石工場内
(72)発明者 永井 勝史
明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会
社明石工場内

(72)発明者 梶田 眞市
明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会
社明石工場内
(72)発明者 木村 武清
明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会
社明石工場内

Fターム(参考) 5H004 GA36 GB04 HA14 HB01 HB14
JA13 JA14 JB09 KA54 KA71
KB02 KB04 KB22 KB30 KB39
KC10 KC12 KC14 LA05 LA17
LA18